

205 5409743

Reference 3

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-333858

(43)公開日 平成6年(1994)12月2日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 L 21/205

C 23 C 16/50

審査請求 有 請求項の数25 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平6-50073

(22)出願日 平成6年(1994)3月22日

(31)優先権主張番号 0 6 2 6 5 8

(32)優先日 1993年5月14日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク(番地なし)

(72)発明者 マーク・ダグラス・ボウファード
アメリカ合衆国05494、バーモント州ウェストフォード、ルート128

(74)代理人 弁理士 合田 深(外2名)

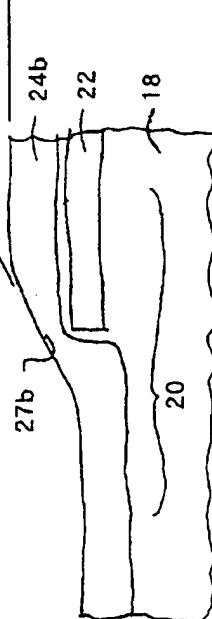
最終頁に続く

(54)【発明の名称】低温フローのBPSGを形成するプラズマCVDプロセス

(57)【要約】

【目的】BPSG膜を形成する方法を提供する。

【構成】BPSG膜は、PECVD反応室において、
非酸化雰囲気中、低温でフローし、粒子数が減少するよ
うなP₂O₃/P₂O₅比率で形成される。この方法では、
P₂O₃/P₂O₅比を制御することによってBPSG膜の
壁面角度を調整することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】ホウ素リンケイ酸ガラス膜を形成する方法であって、
気体のボロン、リン、シリコン及び酸素を含有する反応物を反応室に供給するステップと、
上記反応物の少なくとも1つを含むプラズマを形成するステップと、
 P_2O_3/P_2O_5 比率が約0%乃至25%の範囲のホウ素リンケイ酸ガラス膜が得られるように上記反応物の圧力、温度及びフロー率を制御するステップと、
を含む、方法。

【請求項2】上記膜をフローするために、非酸化雰囲気中、該膜を約600°C乃至1100°Cの範囲の温度でアニール処理するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項3】上記比率が約2%乃至10%の範囲である、請求項1記載の方法。

【請求項4】上記反応物が、シラン、亜酸化窒素、ホスフィン、及びジボランのグループのうち少なくとも1つを含む、請求項1記載の方法。

【請求項5】上記被着温度が約250°C乃至500°Cの範囲である、請求項1記載の方法。

【請求項6】上記圧力が2.0トル乃至2.8トルの範囲である、請求項1記載の方法。

【請求項7】希釈していないシランのフロー率が約20ccpm乃至500ccpmの範囲である、請求項4記載の方法。

【請求項8】亜酸化窒素のフロー率が約31pm乃至101pmの範囲である、請求項4記載の方法。

【請求項9】ホウ素リンケイ酸ガラスを形成する方法であって、
気体のボロン、リン、シリコン及び酸素を含有する反応物を反応室に供給するステップと、

上記反応物の少なくとも1つを含むプラズマを形成するステップと、
非酸化雰囲気中のアニール処理時にフローをなくすのに充分な P_2O_3/P_2O_5 比率のホウ素リンケイ酸ガラス膜が得られるように上記反応物の圧力、温度及びフロー率を制御するステップと、
上記膜に開口を有するパターンを形成するステップと、
を含む、方法。

【請求項10】上記開口に隣接した上記膜内の側壁の傾斜角度を小さくするために、酸化雰囲気中、約600°C乃至1100°Cの範囲の温度で該膜をアニール処理するステップを含む、請求項9記載の方法。

【請求項11】上記比率が少なくとも10%である、請求項9記載の方法。

【請求項12】上記反応物が、シラン、亜酸化窒素、ホスフィン及びジボランのグループのうち少なくとも1つを含む、請求項9記載の方法。

10

10

20

20

30

30

40

40

50

【請求項13】上記被着温度が約250°C乃至500°Cの範囲である、請求項9記載の方法。

【請求項14】上記圧力が約2.0トル乃至2.8トルの範囲である、請求項9記載の方法。

【請求項15】シランのフロー率が約20ccpm乃至500ccpmの範囲である、請求項12記載の方法。

【請求項16】亜酸化窒素のフロー率が約31pm乃至101pmの範囲である、請求項13記載の方法。

【請求項17】上記開口を形成するステップの後に、該開口にボロンをイオン注入するステップを含む、請求項9記載の方法。

【請求項18】ホウ素リンケイ酸ガラスを形成する方法であって、
気体のボロン、リン、シリコン及び酸素を含有する反応物を反応室に供給するステップと、

所望のフロー特性と安定性が得られるような P_2O_3/P_2O_5 比率のホウ素リンケイ酸ガラス膜が得られるように上記反応物の圧力、温度及びフロー率を制御するステップと、

【請求項19】上記膜をフローするために、非酸化雰囲気中、約600°C乃至1100°Cの範囲の温度で該膜をアニール処理するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項20】上記比率が約2%乃至10%の範囲である、請求項1記載の方法。

【請求項21】上記反応物が、シラン、酸素、亜酸化窒素、ホスフィン及びジボランのグループのうちの少なくとも1つを含む、請求項1記載の方法。

【請求項22】上記被着温度が約250°C乃至500°Cの範囲である、請求項1記載の方法。

【請求項23】上記圧力が2.0トル乃至2.8トルの範囲である、請求項1記載の方法。

【請求項24】希釈していないシランのフロー率が約20ccpm乃至500ccpmの範囲である、請求項4記載の方法。

【請求項25】亜酸化窒素のフロー率が約31pm乃至101pmの範囲である、請求項4記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、一般的には集積回路チップ表面の外形を、ホウ素リンケイ酸ガラス(BPSG)をフローして、平滑化する方法に関し、特にBPSGの組成、並びに、目的のトップ・カバレージ、壁面角度及び膜の安定性を与えるBPSGの被着とアニール処理の方法に関する。具体的には、BPSG被着を行ない、後に低温の非酸化雰囲気中でフロー可能なBPSG組成が得られるプラズマCVD(PECVD)プロセスに関する。

【0002】

【従来の技術】BPSG膜は半導体産業で広く用いられ

3

ており、次のような利点を持つ絶縁物質となっている。つまり、(1) BPSGは他の物質よりも低温でフローでき、段差や充填トレンチを平滑化するので、傾斜が緩やかな外形が得られ、金属を均一な厚みに被着することができる。また、(2) BPSGのリンは能動イオンのゲッタリング能力がある。

【0003】低温処理能力は、チャネルが短く接合が浅い素子を持つ集積回路の製造でますます重要になっている。低温下のガラスのフロー性の利点を活かすことで、これら下層の集積回路素子にドーバントを再拡散させることなく、表面の平滑性を高めることができる。表面に激しい形状変化がなければ、厚みがより均一な金属層を被着することができ、導電層間の絶縁信頼性が高まる。フローする物質がない場合は、絶縁体と導体がかなり薄い隣接段になり、これらは金属線の開口や金属のレベル間で短絡回路を作ることが後になってわかるような領域になる。ガラスをフローするBPSGアニール処理ステップは、このような厚みの減少の問題をなくし、チップの信頼性を高めるものである。

【0004】CVD(化学的気相成長法)は、集積回路にBPSGを被着するために長く用いられてきた。常圧CVD(APCVD)、低圧CVD(LPCVD)、プラズマCVD(PECVD)の3つのプロセスがある。

【0005】製造に用いられるAPCVDプロセスでは、ウェハがベルト上を移動して高温の炉を通過し、インジェクタがウェハ表面で混合/反応する反応性ガスを個別フローとして供給する。通常、反応性ガスはインジェクタの異なる部分から供給され、反応物は炉内で窒素ブランケットにより互いに短い距離離隔した状態で捕獲されるので、ウェハ表面に達した時だけ混合/反応する。シラン、酸素、ジボラン、ホスフィン等のガスが反応物として用いられる。このプロセスにより、低温でフローするBPSG膜が得られる。特にAPCVDによって形成されたBPSG膜は、非酸化雰囲気中、1000°C未満の温度でフローする。

【0006】しかし、APCVDプロセスには製造上の大きな難点がある。つまり、(1) 各ウェハ上で粒子レベルが高い、(2) 膜厚と膜の組成が、ウェハ内、ウェハ間で変化する、(3) インジェクタは洗浄のために頻繁に交換しなければならない。またインジェクタ交換後に性能試験が欠かせないためツールのダウン時間が長くなる、(4) インジェクタを変えることなくBPSG被着を別の物質の被着に素早く切り替えることができない、等である。

【0007】欠陥を少なくし、厚みと組成の均一性を改良すると共に、反応室の各部の自己洗浄を可能にし、被着された物質を反応室の各部を変更することなく切り替えるようなプロセスであれば、このプロセスはメーカーにとって大きな利点となるはずである。

【0008】PECVDによりBPSGを被着するプロ

10

20

30

40

50

セスは、"Solid State Technology"(1984年1月、p. 161-170)でTongらが、また"Solid State Technology"(1985年6月、p. 171-179)でKernとSmeltzerが示しているように、大きな難点を有する。この文献で述べられた難点の1つは、PECVD膜が乾性窒素雰囲気中でアニール処理が行なわれた時と同じ壁面角度を得るために、蒸気中よりも70°C高いアニール温度を要するということである。同文献はまた、蒸気中のアニール処理により、露出したコンタクト開口に問題が生じる、すなわちコンタクト中に酸化物が成長することを指摘している。

【0009】ここで求められるものは、APCVDプロセスのフロー性を不具合なく保つBPSGを得る方法である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、非酸化雰囲気中、低温でフローすると共に、欠陥に対する耐性が大きいBPSG膜を形成するPECVD法を提供することである。

【0011】本発明の他の目的は、非酸化雰囲気中、低温でフローすると共に、欠陥に対する耐性が大きいBPSG膜を形成する、PECVDによって形成されるBPSGの組成を提供することである。

【0012】本発明の他の目的は、PECVDのBPSGを用いて得られることが認められている可変フロー特性により、側壁が傾斜したコンタクトを形成する方法を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明のこれらの目的は、以下に述べるBPSG膜を形成する方法によって達成される。本発明によれば、PECVD手段によって形成されたBPSG膜に求められるアニール温度が高くなるのは、膜内の酸化が進んだP₂O₅に比べてP₂O₃の割合が高いことによることがわかっている。しかし、P₂O₅だけの組成は不安定であり、結晶粒子が多量に生じるので、BPSG膜のP₂O₃は低い割合にする必要がある。本発明では、シランのフロー率、亜酸化窒素のフロー率、ガス圧等のパラメータをPECVD被着時に調整することによって、膜にP₂O₅と比較して望ましい割合のP₂O₃を得るための手段が用いられる。

【0014】また本発明の第2実施例では、P₂O₃の組成の割合が高い膜は、被着直後に必要な非酸化アニール処理の間にフローしないという事実を活かすための手段が用いられる。この例では、フロー・ステップを遅らせ、BPSGにコンタクト開口が形成された後に行なう。次に、酸素や蒸気等の酸化雰囲気でアニール処理ステップが行なわれ、P₂O₃がP₂O₅に換えられて、P₂O₅がフローし、コンタクト開口の形状が変えられるので、側壁の傾斜が進む。

【0015】また、BPSG膜の壁面角度を、膜のP₂

O_3/P_2O_5 比率を制御することによって制御手段が用いられる。

【0016】

【実施例】図1、図2は、通常はシリコン等の物質から形成される半導体ウエハ18を示す。ウエハ18上に集積回路配列が形成される。図はそのセルの1つ20を示す。ウエハ18を処理する際、ゲートや他の導電線等の構造のための急な段差22が形成される。BPSG膜24aは、普通、2000乃至10,000の範囲の厚みに被着される。好適には、約4000乃至8000の範囲である。特に約5300の膜厚が望ましい。被着されたままのBPSG膜24aは次にアニール処理され、段差22の外形が平滑化され、集積回路の保護層が形成される。その結果は、図2に示したBPSG膜24bである。フローしたBPSG膜24bの表面は平坦にする必要はない。フローはそれによって、段差22と交わる外形27bの壁面角度 θ_b が、被着されたままのBPSG膜24aに関連する外形27aの壁面角度 θ_a に比較して減少すれば充分である。通常、被着したままのBPSG膜24aは、壁面角度 θ_a が50°乃至60°の範囲、フローしたBPSG膜24bは側面角度 θ_b が25°乃至40°の範囲である。

【0017】上述の通り、PECVDはAPCVDに比べて明白な欠点をもつ。PECVD被着の場合、BPSGは乾性窒素等の非酸化雰囲気中でアニール処理が行なわれた場合の外形を得るのに、蒸気中よりも70°C高いフロー温度を要する。

【0018】しかし、表面の外形を低温で平滑化することは、アニール処理を酸素または蒸気等の酸化雰囲気中で行なうことで可能であることが確認されている。ただし、高温アニール処理の酸素雰囲気にはまた別の問題がある。シリサイド及びソース・ドレインの抵抗率が増し、集積回路素子の速度が低下するのである。

【0019】抵抗率が大きくなるのは、酸素がBPSGを通してシリコン表面にまで拡散する際に、ソースとドレインの領域でボロンをドープしたシリコンが酸化されるからである。ボロンは好適には酸化シリコンに偏析し、シリコン内に残るボロンが少なくなり、能動性キャリアが生じる。BPSG被着前に形成される窒化シリコン層により、シリコンの酸化を防ぎ、それによってボロンの偏析を防ぐこともできるが、窒化層を追加すればコストが上がりプロセスが複雑になる。

【0020】従来から知られているように、APCVDのBPSG膜内のリンには2つの酸化状態、 P_2O_3 状態と酸化が進んだ P_2O_5 状態がある。しかし従来の技術では、BPSG膜のフロー性がこれら2つの酸化状態に依存することを開示してはいないし示唆してもいないとみられる。更に従来技術は、Research and Development Note 90-1, "Characteristics of BPSG Films from TEOS Deposited at 500°C" (Watkins-Johnson Company, 19

90年3月、p. 16) に見られるように P_2O_3 の1部が膜の安定化に必要であるという本発明による発見に反する。

【0021】特に本発明者は、 P_2O_3 の P_2O_5 に対する組成比率を大きくすると、非酸化雰囲気中でガラス・フローが生じ、フロー温度が高くなることを確認している。本発明者は、 P_2O_3 の含有量が多い膜が酸化雰囲気中でアニール処理されると、良好な低温フローの結果は、 P_2O_3 の1部が、まず酸化が進んで P_2O_5 になることから説明されるとみる。また P_2O_3 の P_2O_5 に対する割合が約2%未満の場合、BPSG膜は不安定であり、多数の結晶粒子が形成されることも確認している。つまり、フロー温度を下げるためには、0%乃至25%の範囲の P_2O_3/P_2O_5 比率が望ましい。ただし、膜の安定性を高めるには、 P_2O_3/P_2O_5 比率を少なくとも2%にするのがよい。このようにボロン成分が一定の場合、フロー温度を下げると共に膜の安定性を保つ条件は、 P_2O_3/P_2O_5 比率が約2%を下回らず、約25%を超えない条件である。

【0022】周知の通り、図2に示した壁面角度 θ_b は、アニール温度を制御することによって制御することができる。本発明者は、あるアニール温度では P_2O_3/P_2O_5 比率を上述の方法で制御することによって壁面角度 θ_b を制御できることを確認した。

【0023】シリコン、酸素、リン、ボロンについては様々な源が知られている。シリコン源には、シラン、テトラエチルオルトケイ酸塩(TEOS)等がある。酸素源には亜酸化窒素、酸素等がある。リン源には、ホスファイン、トリメチルリン酸塩(tmp)、トリエチルリン酸塩(tep)等がある。ボロン源には、ジボラン、トリメチルホウ酸塩(tmb)等がある。

【0024】図3に3つのプロセス変数、 N_2O フロー、 SiH_4 フロー、システム圧力のNovellusのPECVDツールで被着されたBPSG膜の P_2O_3/P_2O_5 比率に対する効果を表わす実験データを示す。膜厚及び膜に注入されたボロンとリンの量に対するこれらパラメータの効果も示している。このツールでウエハは、ロード・ロックを通り、加熱したブロック上の反応室に入る。ブロックは1対の平行な面の下部電極になる。上部電極には、予め混合された反応物が通過するシャワー・ヘッドがある。この実験では、ジボランを窒素で10:1の割合に希釈し、この混合物を450ccpmでフローした。ホスファインも同じ希釈度とし、200ccpmでフローした。シラン・フローは窒素で5:1に希釈する前のものを示している。亜酸化窒素は希釈しなかった。温度は400°Cで一定にし、電極は13.56MHzの電源に接続した。電源は1000ワットに設定し、混合ガス中にプラズマを生成させた。いずれの例でも反応は1分間継続した。

【0025】実験結果をみると、 P_2O_3/P_2O_5 比率は

反応室の圧力が低下した時、シラン・フローが少なくなった時、または亜酸化窒素フローが増加した時に減少している。図4乃至図6に示す通り、3つのプロセス変数の組合せを変えて同じ P_2O_3/P_2O_5 比率を得た。好適なシステム圧は0.8トル乃至1.0トルの範囲、更に2.2トル乃至2.6トルの範囲が望ましく、2.4トル乃至2.6トルの範囲が最も望ましい。シラン・フローは、好適には200ccpm乃至500ccpmの範囲、これに対しては160ccpm乃至200ccpmの範囲が望ましく、約140ccpm乃至160ccpmの範囲が最も望ましい。好適な亜酸化窒素フローは3lpm乃至10lpmの範囲、これに対しては6lpm乃至10lpmの範囲が望ましく、8lpm乃至10lpmの範囲が最も望ましい。好適な被着温度は約250°C乃至500°Cの範囲、これに対しては約400°Cが望ましい。好適なシステム電源は、約500ワット乃至1500ワットの範囲、更には約1000ワットが望ましい。

【0026】 P_2O_3/P_2O_5 比率を制御することによってフロー温度とフロー角度を制御する機能を利用した本発明の実施例を図7乃至図9に示す。

【0027】この例では、湿式エッティングや複雑な乾式エッティングを必要とせずに、コンタクト・ホールに傾斜した側壁を形成することができる。傾斜側壁は、コンタクト・バイアに被着された時に金属の厚みの均一性を保つのに必要である。

【0028】このプロセスの最初のステップ(図7)では、BPSG膜24aがPECVDにより、 P_2O_3/P_2O_5 比率を高くして、例えば約20%で被着される。方法は上述の通りである。次に900°Cの乾性窒素雰囲気中でアニール処理される。この処理ではBPSG膜24aが事実上フローすることはない。次に、図8に示すように、コンタクト開口40がBPSG膜24aに形成される。これは従来のフォトリソグラフィと反応性イオン・エッティングによる。これによりほぼ垂直な側壁42aが得られる。最後に、ウエハ18が酸素雰囲気中でアニール処理され(図9)、BPSG膜のフローにより、コンタクト開口40の側壁42bに傾斜が進んだBPSG層24cが形成される。

【0029】以下に実施例を整理して記載する。

(1) ホウ素リンケイ酸ガラス膜を形成する方法であって、気体のボロン、リン、シリコン及び酸素を含有する反応物を反応室に供給するステップと、上記反応物の少なくとも1つを含むプラズマを形成するステップと、 P_2O_3/P_2O_5 比率が約0%乃至25%の範囲のホウ素リンケイ酸ガラス膜が得られるように上記反応物の圧力、温度及びフロー率を制御するステップとを含む、方法である。

(2) 上記膜をフローするために、非酸化雰囲気中、該膜を約600°C乃至1100°Cの範囲の温度でアニー

ル処理するステップを含む、(1)記載の方法である。

(3) 上記比率が約2%乃至10%の範囲である、(1)記載の方法である。

(4) 上記反応物が、シラン、亜酸化窒素、ホスフィン、及びジボランのグループのうち少なくとも1つを含む、(1)記載の方法である。

(5) 上記被着温度が約250°C乃至500°Cの範囲である、(1)記載の方法である。

(6) 上記圧力が2.0トル乃至2.8トルの範囲である、(1)記載の方法である。

(7) 希釈していないシランのフロー率が約20ccpm乃至500ccpmの範囲である、(4)記載の方法である。

(8) 亜酸化窒素のフロー率が約31pm乃至101pmの範囲である、(4)記載の方法である。

(9) ホウ素リンケイ酸ガラスを形成する方法であって、気体のボロン、リン、シリコン及び酸素を含有する反応物を反応室に供給するステップと、上記反応物の少なくとも1つを含むプラズマを形成するステップと、非酸化雰囲気中のアニール処理時にフローをなくすのに充分な P_2O_3/P_2O_5 比率のホウ素リンケイ酸ガラス膜が得られるように上記反応物の圧力、温度及びフロー率を制御するステップと、上記膜に開口を有するパターンを形成するステップとを含む、方法である。

(10) 上記開口に隣接した上記膜内の側壁の傾斜角度を小さくするために、酸化雰囲気中、約600°C乃至1100°Cの範囲の温度で該膜をアニール処理するステップを含む、(9)記載の方法である。

(11) 上記比率が少なくとも10%である、(9)記載の方法である。

(12) 上記反応物が、シラン、亜酸化窒素、ホスフィン及びジボランのグループのうち少なくとも1つを含む、(9)記載の方法である。

(13) 上記被着温度が約250°C乃至500°Cの範囲である、(9)記載の方法である。

(14) 上記圧力が約2.0トル乃至2.8トルの範囲である、(9)記載の方法である。

(15) シランのフロー率が約20ccpm乃至500ccpmの範囲である、(12)記載の方法である。

(16) 亜酸化窒素のフロー率が約31pm乃至101pmの範囲である、(13)記載の方法である。

(17) 上記開口を形成するステップの後に、該開口にボロンをイオン注入するステップを含む、(9)記載の方法である。

(18) ホウ素リンケイ酸ガラスを形成する方法であって、気体のボロン、リン、シリコン及び酸素を含有する反応物を反応室に供給するステップと、所望のフロー特性と安定性が得られるような P_2O_3/P_2O_5 比率のホウ素リンケイ酸ガラス膜が得られるように上記反応物の圧力、温度及びフロー率を制御するステップと、

(19) 上記膜をフローするために、非酸化雰囲気中、約600°C乃至1100°Cの範囲の温度で該膜をアニール処理するステップを含む、(1)記載の方法である。

(20) 上記比率が約2%乃至10%の範囲である、(1)記載の方法である。

(21) 上記反応物が、シラン、酸素、亜酸化窒素、ホスフィン及びジボランのグループのうちの少なくとも2つを含む、(1)記載の方法である。

(22) 上記被着温度が約250°C乃至500°Cの範囲である、(1)記載の方法である。

(23) 上記圧力が2.0トル乃至2.8トルの範囲である、(1)記載の方法である。

(24) 希釈していないシランのフロー率が約20ccpm乃至500ccpmの範囲である、(4)記載の方法である。

(25) 亜酸化窒素のフロー率が約31ccpm乃至101ccpmの範囲である、(4)記載の方法である。

【0030】

【発明の効果】

【図面の簡単な説明】

【図1】フローしていないBPSG被着ステップの断面

10

図である。

【図2】フローしたBPSG被着ステップの断面図である。

【図3】プロセス変数の関数として P_2O_3/P_2O_5 比率を示す図である。

【図4】プロセス変数の関数として P_2O_3/P_2O_5 比率を示す外形図である。

【図5】プロセス変数の関数として P_2O_3/P_2O_5 比率を示す外形図である。

【図6】プロセス変数の関数として P_2O_3/P_2O_5 比率を示す外形図である。

【図7】側壁の傾斜が進んだコンタクトを形成するステップを示す図である。

【図8】側壁の傾斜が進んだコンタクトを形成するステップを示す図である。

【図9】側壁の傾斜が進んだコンタクトを形成するステップを示す図である。

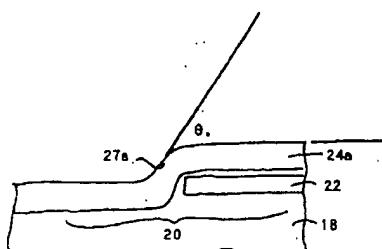
【符号の説明】

18 半導体ウエハ

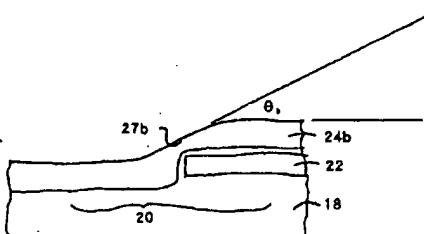
20 段差

40 コンタクト開口

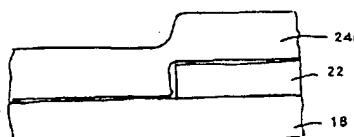
【図1】



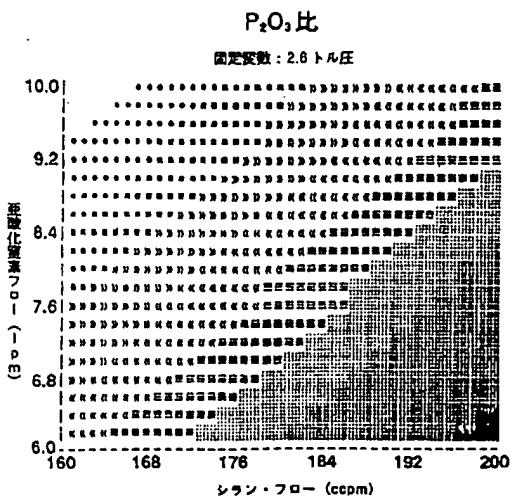
【図2】



【図7】



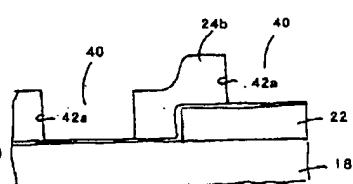
【図4】



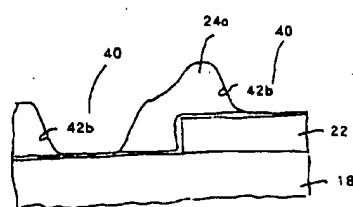
記号

| ● | 外形限度 (%) |
|-----|--------------|
| ●●● | 16.0 to 18.0 |
| ●● | 14.0 to 16.0 |
| ● | 12.0 to 14.0 |
| ○ | 10.0 to 12.0 |
| △ | 8.0 to 10.0 |
| × | 6.0 to 8.0 |
| ◆ | 4.0 to 6.0 |
| ■ | 2.0 to 4.0 |
| ● | 0.0 to 2.0 |

【図8】



【図9】



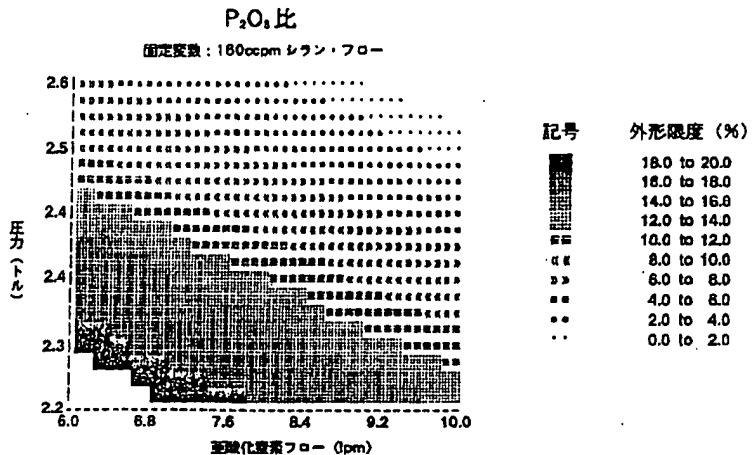
【図3】

- ボロンとリンの重量比はICAPで測定した。BPSGの厚みと範囲は分光光度計で測定し、イオン・クロマトグラフィにより P_2O_3/P_2O_5 比を測定した。

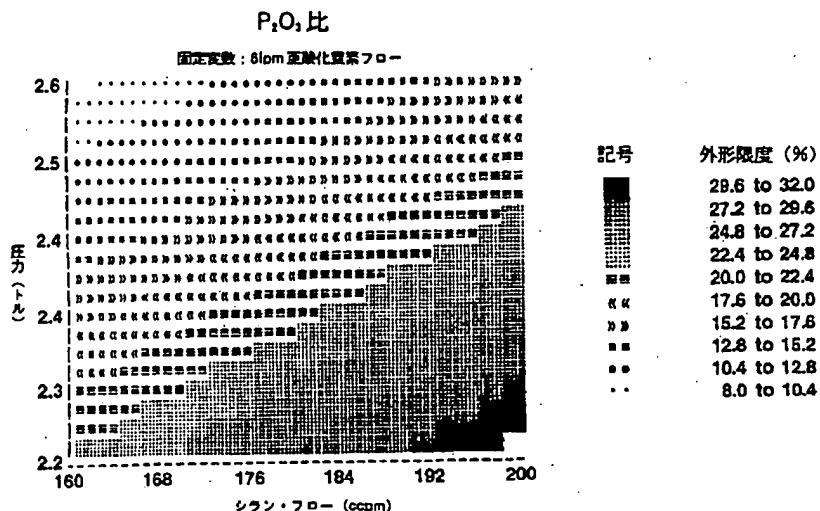
| 実験# | N_2O フロー (lpm) | SiH ₄ フロー (ccpm) | 圧力 (トル) | ボロン 重量比 (%) | リン 重量比 (%) | BPSG 厚み (nm) | BPSG 範囲 (nm) | P_2O_3/P_2O_5 (%) |
|-------|------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| 8 | 10.00 | 200.0 | 2.60 | 5.72 | 3.56 | 419.7 | 19.8 | 4.2 |
| 5 | 6.00 | 160.0 | 2.60 | 6.24 | 4.16 | 424.7 | 18.6 | 6.7 |
| 2 | 10.00 | 160.0 | 2.20 | 5.04 | 4.87 | 434.2 | 31.7 | 9.2 |
| 6 | 10.00 | 160.0 | 2.60 | 6.28 | 4.16 | 403.0 | 20.2 | 3.5 |
| 7 | 6.00 | 200.0 | 2.60 | 5.12 | 3.92 | 508.1 | 18.4 | 16.0 |
| 1 | 6.00 | 160.0 | 2.20 | 5.26 | 5.03 | 459.9 | 25.0 | 23.0 |
| 3 | 6.00 | 200.0 | 2.20 | 4.46 | 4.52 | 529.2 | 30.4 | 34.1 |
| 4 | 10.00 | 200.0 | 2.20 | 4.25 | 4.55 | 505.7 | 32.8 | 27.4 |
| APCVD | — | — | — | 4.16 | 4.44 | — | — | 5.7 |
| APCVD | — | — | — | 4.17 | 4.24 | — | — | 4.0 |

【図5】

・不完全酸化したP₂O₅の量は入力変数の関数として外形をプロットした。



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ウィリアム・ジェームス・キング
アメリカ合衆国05465、バーモント州ジェ
リコ、パインハースト・ドライブ 23

(72)発明者 チェリル・マーフィ・マーチン
アメリカ合衆国05452、バーモント州エセ
ックス・ジャンクション、マンスフィール
ド・アベニュー 48イー